

CFG 2741 US

Ishizuka
09/780,433
2878



日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 2月15日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-037045

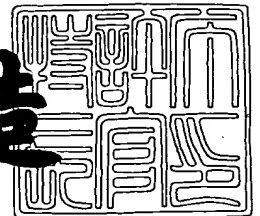
出 願 人
Applicant(s):

キヤノン株式会社

2001年 3月 9日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3016542

【書類名】 特許願

【整理番号】 4116028

【提出日】 平成12年 2月15日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 26/10

【発明の名称】 光学式エンコーダ

【請求項の数】 4

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子三丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 石塚 公

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

 【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

 【識別番号】 100075948

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 日比谷 征彦

 【電話番号】 03-3852-3111

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 013365

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9703876

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学式エンコーダ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 相対移動する回折格子スケールに可干渉光束を照射して 2 つの異なる次数の回折光を発生し、円環状に格子パターンを形成した回折格子に前記 2 つの回折光を略点状に集光して照明し、該個所から発生した回折光を前記回折格子スケールに再照射して再び回折し、前記それぞれの回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を受光素子に導き、前記回折格子スケールの移動に伴う周期信号を出力することを特徴とする光学式エンコーダ。

【請求項 2】 前記円環状格子は反射型の回折格子とした請求項 1 に記載の光学式エンコーダ。

【請求項 3】 相対移動する回折格子スケールに収束可干渉光束を照射して 2 つの異なる次数の回折光を発生し、円環状に格子パターンを形成した回折格子に前記 2 つの回折光を略点状に集光して回折し、前記回折格子スケールに再照射して再び回折し、それぞれの回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を受光素子に導き、前記回折格子スケールの移動に伴う周期信号を出力することを特徴とする光学式エンコーダ。

【請求項 4】 回折レンズに可干渉光束を照射し、相対移動する回折格子スケールに集光して 2 つの異なる次数の回折光を発生し、円環状に格子パターンを形成した回折格子に前記 2 つの回折光を略点状に集光して回折し、前記回折格子スケールに再照射して再び回折し、それぞれの回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を受光素子に導き、前記回折格子スケールの移動に伴う周期信号を出力することを特徴とする光学式エンコーダ。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、産業用計測機械等において、位置や角度情報を検出するための円環状回折格子による反射機構を有する光学式エンコーダに関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来、光の回折干渉現象を応用して物体の位置や速度の変動を検出する格子干渉方式エンコーダが開発製造されている。特に、ミクロンオーダの微細スケールを採用し、このスケールで回折した2つの光束を取り出して干渉させることによって、幾何光学式エンコーダよりもはるかに高分解能のエンコーダが得られている。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

このエンコーダは2つの回折光の波面を合成して干渉パターンを生成する構成を採用しているが、干渉光学系であることから各光学素子の加工や配置精度が非常に厳しいのが現状である。特に、スケール部と検出ヘッド部が分離した組込式のエンコーダの場合には、ユーザがスケールと検出ヘッドをモータやステージ等に装着しなければならないために、その作業の困難さが問題となっている。

【 0 0 0 4 】

本発明にお目的は、良好なS/N比が得られる光学式エンコーダの提供を目的とする。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するための本発明に係る光学式エンコーダは、相対移動する回折格子スケールに可干渉光束を照射して2つの異なる次数の回折光を発生し、円環状に格子パターンを形成した回折格子に前記2つの回折光を略点状に集光して照明し、該個所から発生した回折光を前記回折格子スケールに再照射して再び回折し、前記それぞれの回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を受光素子に導き、前記回折格子スケールの移動に伴う周期信号を出力することを特徴とする。

【 0 0 0 6 】

また、本発明に係る光学式エンコーダは、相対移動する回折格子スケールに収束可干渉光束を照射して2つの異なる次数の回折光を発生し、円環状に格子パターンを形成した回折格子に前記2つの回折光を略点状に集光して回折し、前記回

折格子スケールに再照射して再び回折し、それぞれの回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を受光素子に導き、前記回折格子スケールの移動に伴う周期信号を検出して電気信号として出力することを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

本発明に係る光学式エンコーダは、回折レンズに可干渉光束を照射し、相対移動する回折格子スケールに集光して2つの異なる次数の回折光を発生し、円環状に格子パターンを記録した回折格子に前記2つの回折光を略点状に集光して回折し、前記回折格子スケールに再照射して再び回折し、それぞれの回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を受光素子に導き、前記回折格子スケールの移動に伴う周期信号を検出して電気信号として出力することを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

【発明の実施の形態】

本発明の実施例を説明する前に、前提となるエンコーダについて説明する。

図15は円環状反射光学素子を利用したリニアエンコーダの構成図、図16はロータリエンコーダの構成図を示す。半導体レーザー光源1から射出した光束Lは、コリメータレンズ2、ビームスプリッタ3、円環状反射格子4の中央部を透過して回折格子スケール4に照射され、回折格子スケール5からの反射回折光L₊、L₋はそれぞれ円環状反射格子4上に照射される。ここで、回折格子スケール5上の格子ピッチをP₁とすると、円環状反射格子4はピッチ $P_2 = P_1 / 2$ の関係に設定されている。

【 0 0 0 9 】

円環状反射格子4は局所的に見ると格子ピッチP₂の回折格子として作用し、回折格子スケール5を射出した光束に対してほぼ元の方角へ回折し、回折格子スケール5の略同一位置に向けて照射されて再び回折し、それらの光束がそれぞれ重ね合わされてビームスプリッタ3まで戻される。この光束はそれぞれビームスプリッタ3において半導体レーザー光源1と異なる方向に取り出され、干渉光束として受光素子6により検出される。なお、±1次回折光を使用した場合には、干渉の明暗周期は回折格子スケール5の1ピッチ分の移動に対して4周期である。

【 0 0 1 0 】

このようなエンコーダにおいては、一般的に半導体レーザー光源 1 の波長が変動すると回折角が変化して光路がずれると共に、干渉させる 2 光束間の角度が変って干渉状態に変化が生ずる。また、スケール部と検出ヘッドのアライメントが相対的にずれても同様に光路がずれてしまう。しかし、円環状反射格子 4 による反射光学素子を使用することによって、回折角がずれても元の角度で進行するために、再回折光の進路に変化が生ぜず、非常に安定した計測を行うことができるように考案されている。

【 0 0 1 1 】

ここで上述の例においては、実際に回折格子スケール 5 に照射する光束は有限の大きさを有するために、例えば格子ピッチが $2.8 \mu\text{m}$ の回折格子スケール 5 を使用して、この回折格子スケール 5 と円環状反射格子 4 との距離を 10 mm に設定した場合の光束追跡を行うと、図 17 に示すように円環状反射格子 4 に特有の波面ひずみが加わって長楕円状の波面となり、受光素子 6 において受光する際に損失が生ずることも想定され得る。更に、半径が 9.2 mm 、1 周の本数が 20250 本の放射状格子に直径 1 mm の光束を照射した場合の光束追跡を行うと、図 18 に示すように円環状反射格子 4 特有の波面ひずみに更に放射状格子特有の波面ひずみが加わり、 ± 1 次回折光を合波する際に互いの波面が歪むことも想定し得る。本発明は上述の点を考慮して発案されたものである。

【 0 0 1 2 】

次に、本発明を図 1 ～図 14 に図示の実施例に基づいて詳細に説明する。

図 1 は第 1 の実施例のロータリエンコーダの構成図を示す。半導体レーザー光源 10 からの光束の光路上に、コリメータレンズ 11、ビームスプリッタ 12、レンズ 13、円環状反射格子 14、回折格子スケール 15 が配列されており、ビームスプリッタ 12 の反射方向に受光素子 16 が配置されている。ここで、回折格子スケール 15 上の格子ピッチを $P1$ とすると、円環状反射格子 14 はピッチ $P2 = P1 / 2$ の関係に設定されている。

【 0 0 1 3 】

このような構成により、半導体レーザー光源 10 から射出した光束 L は、コリ

メータレンズ 11 により略平行光束となり、ビームスプリッタ 12、レンズ 13、円環状反射格子 14 の中央部を透過して、回折格子スケール 15 に集光照射され、回折格子スケール 15 からの反射回折光 $L+$ 、 $L-$ はそれぞれ円環状反射格子 14 上に略点状に照射される。なお、回折格子スケール 15 として図 1 のように放射状回折格子スケールを使用した場合には、放射状格子特有の収差によって完全には点状集光とはならない。また、リニア回折格子スケールを使用した場合でもレーザー光のビームウエストサイズ以下にはならないが、これらは微量なために無視することができる。

【0014】

円環状反射格子 14 は局所的に見ると、格子ピッチ $P2$ のリニア回折格子として作用し、回折格子スケール 15 の集光照明領域から射出する光束に対して、円環状反射格子 14 に略点状に入射した光束は反転して元の進路へ回折され、回折格子スケール 15 に向けて照射されて再び回折し、それらの光束がそれぞれ重ね合わされてビームスプリッタ 12 まで戻される。この光束はそれぞれビームスプリッタ 12 によって半導体レーザー光源 10 と異なる方向へ取り出され、干渉光束として受光素子 16 で検出される。なお、 ± 1 次回折光を使用した場合には、干渉の明暗周期は回折格子スケール 15 の 2 ピッチ分の移動につき 4 周期であり、図 2、図 3 に示すように受光素子 16 上において略円形の光束が得られる。

【0015】

図 4 は半導体レーザー光源 10 の発振波長が温度環境の変化等の要因によって $\Delta\lambda = 10 \text{ nm}$ だけ変化して、回折角が変わった場合の光路ずれの計算結果の説明図である。この場合には、回折格子スケール 15 による回折光の回折角が変わって円環状反射格子 14 の照射位置が若干ずれているが、円環状反射格子 14 の作用により元の回折角で回折されるために、回折格子スケール 15 による再回折位置及び射出光束の状態は変わらず、干渉状態は安定している。

【0016】

図 5 は回折格子スケール 15 の放射格子ディスクの位置を $\Delta x = 0.5 \text{ mm}$ だけずらした場合の光路ずれの説明図である。検出ヘッド部と回折格子スケール 15 のギャップが小さくなくても、円環状反射格子 14 で回折されることで、回折

格子スケール15による再回折位置及び射出光束の状態は変わらず、干渉状態は安定している。

【0017】

図6、図7は放射格子ディスクに対して検出ヘッド部を接線方向に $\Delta y = 0.5\text{ mm}$ だけずらした場合の光束の計算結果の説明図である。この場合は、放射格子ディスクの偏心が 0.5 mm の場合と等価であり、またリニア格子を使用した場合のスケール配置におけるアジマス誤差と等価である。照射位置がずれても円環状反射格子14の作用により元の光路に回折されるために、回折格子スケール15による再回折位置及び射出光束の状態は変ることはない。図6、図7はそれぞれ ± 1 次回折光の光路を示しており、受光素子16上では上下に多少ずれているが、互いに略平行光束であり干渉状態は安定している。なお、この 0.5 mm のずれはあくまで計算結果を分かり易くするための量であり、実際のエンコーダではずれ量はもっと少ない。

【0018】

図8、図9は回折格子スケール15と検出ヘッド部の設置角度を、格子配列方位を軸にしてチルト誤差 $\Delta \theta_z = 0.5$ 度だけ与えた場合の光路ずれの説明図である。 ± 1 次回折光の光路をそれぞれ読み取ると、チルト誤差が多少加わっても、回折格子スケール15による再回折位置及び射出光束の状態において、 ± 1 次回折光の光束間に差は生じないので干渉状態は安定している。なお、図8、図9では、受光素子16上への入射光束が受光素子16の面からずれているが、 0.5 mm のずれは計算結果を分かり易くするための量であり、実際のエンコーダではずれ量はもっと少ない。

【0019】

図10、図11は回折格子スケール15と検出ヘッド部の設置角度を、格子配列方位を軸にしてチルト誤差 $\Delta \theta_y = 0.5$ 度だけ与えた場合の光路ずれの説明図である。この場合も、 ± 1 次回折光の光路をそれぞれ読み取ると、チルト誤差が多少加わっても回折格子スケール15による再回折位置及び射出光束の状態において、 ± 1 次回折光の光束間に差は生じないので干渉状態は安定しており、受光素子16の入射位置自体もほぼずれることはない。

【 0 0 2 0 】

このように、反射型で円環状の回折格子 1 4 とこの光学素子への点状の照射を組み合わせることによって、小型性かつ高分解能で、取付け誤差に寛容な性能及び安定した干渉信号の検出を両立させることができる。

【 0 0 2 1 】

図 1 2 は第 2 の実施例の斜視図を示し、位相差信号を発生するように偏光素子を配置して 2 相信号検出にしたものである。偏光素子として偏光板を使用し、またリニア回折レンズを使用したリニアエンコーダであり、偏光素子として $1/4$ 波長板を使用し、放射状回折レンズを使用したロータリエンコーダも可能である。

【 0 0 2 2 】

可干渉光源である半導体レーザー光源 1 0 の光路上に、コリメータレンズ 1 1、非偏光ビームスプリッタ 1 2、レンズ 1 3、円環状反射格子 1 4、偏光方位を互いに 90 度ずらした 2 個の偏光板 2 0 S、2 0 P、回折格子スケール 1 5 が配列されている。非偏光ビームスプリッタ 1 2 の反射方向には $1/4$ 波長板 2 1、非偏光ビームスプリッタ 2 2 が配列され、非偏光ビームスプリッタ 2 2 の反射方向に偏光板 2 3 a、受光素子 1 6 a が配置され、透過方向に偏光板 2 3 b、受光素子 1 6 b が配置されている。

【 0 0 2 3 】

このような構成により、半導体レーザー光源 1 0 からの光束はコリメータレンズ 1 1、非偏光ビームスプリッタ 1 2 を透過した後に、レンズ 1 3、円環状反射格子 1 4 の中央部を介して回折格子スケール 1 5 に略垂直に照射される。先ず、回折格子スケール 1 5 から反射された $+1$ 次回折光は回折角 θ で射出し、円環状反射格子 1 4 により元の光路に回折反射され、更に回折格子スケール 1 5 により $+1$ 次回折されて非偏光ビームスプリッタ 1 2 まで戻される。

【 0 0 2 4 】

一方の -1 次回折光は回折角 θ で反対方向に射出し、円環状反射格子 1 4 により元の光路に回折反射され、更に回折格子スケール 1 5 により -1 次回折されて非偏光ビームスプリッタ 1 2 まで戻される。ここで、半導体レーザー光源 1 0 か

ら回折格子スケール 1 5 に照射された光束は、垂直及び水平方向の偏光成分を含んでおり、非偏光ビームスプリッタ 1 2 に伝播される±1 次回折光は、互いに偏光方位が 9 0 度ずれて波面が重なり合っている。ただし、明暗光束にはなっていない。

【 0 0 2 5 】

この結果、非偏光ビームスプリッタ 1 2 により反射された両光束は 1 / 4 波長板 2 1 を透過して、2 光束間の位相差に基づいて偏光方位が変化する直線偏光光束に変換され、後段の非偏光ビームスプリッタ 2 2 により 2 分割され、それぞれが偏光板 2 3 a、2 3 b によって特定の偏光方位のみが抽出されて明暗信号が得られる。これらそれぞれの明暗信号の位相(タイミング)は、偏光板 2 3 a、2 3 b の偏光方位のずれで与えられる。即ち、偏光板 2 3 a と偏光板 2 3 b の偏光方位を互いに 4 5 度ずらすことによって、明暗信号の位相差は 9 0 度に設定される。

【 0 0 2 6 】

図 1 3 は第 3 の実施例の斜視図を示し、収束光束を照射する光学手段としてコリメータレンズ 1 1 を使用して直接収束光にしたものである。なお、図は非常に緩やかな収束光となっている。

【 0 0 2 7 】

更に、図 1 4 は第 4 の実施例の構成図を示し、円環状反射格子 1 4 の中央部(透過窓部)に回折レンズ 2 5 が一体的に形成されてある。回折レンズ 2 5 は中心付近の格子ピッチと周辺部の格子ピッチが連続的に変化してパターンニングしており、凸レンズの作用を有している。

【 0 0 2 8 】

また、上述の実施例においては、次の項目に関して部分変更の置き換えが可能である。

【 0 0 2 9 】

(a) 回折格子スケール 1 5 及び放射状回折格子又は円環状反射格子 1 4 において、±1 次回折光以外の回折次数の回折光を使用する。

【 0 0 3 0 】

(b)偏光板20S、20P、23a、23bをこれと同等な機能を有する他の素子である偏光膜付きプリズムや微細格子パターンとする。

【0031】

(c)位相差板即ち1/4波長板21や1/8波長板を水晶等の結晶光学素子と同等な機能を有する微細構造パターンや他の異方性材料とする。

【0032】

(d)位相差信号を2相以上として位相差を90度以外に設定し、更に偏光素子や位相差板の配置を一部変更して同等な効果を得る。

【0033】

(e)回折格子スケール15に投光する光束と再回折された光束を、受光素子16に導くために非偏光ビームスプリッタ12、22を使用しているが、回折格子等の他のビーム分割合成手段を使用したり、往路と復路の光路を空間的にずらすことにより分離したり、更に一方の光束のみを選択反射して受光素子16の側に導いてもよい。

【0034】

(f)コリメータレンズ11、非偏光ビームスプリッタ12、レンズ13、円環状反射格子14の配列順序を変えたりして、他の光学配置を採用して回折格子スケール15上に線状に集光する関係を満足させる。

【0035】

なお、以上の各実施例では円環状反射格子としては、例えばガラスエッチング等により加工されたガラス板の裏面に反射膜を蒸着した素子が利用できるもので、耐環境性が良好である。

【0036】

【発明の効果】

以上説明したように本発明に係る光学式エンコーダは、回折格子スケール又は円環状回折格子への照射状態を最適化することによって、次に列挙する効果が得られる。

【0037】

(1) 回折光同士の干渉波面が相互に一致し易くなり、フラットな明暗パター

ンが得られ、SN比の良好な安定したエンコーダ信号を得ることができる。

【 0 0 3 8 】

(2) 円環状反射格子が例えば平面状の光学素子でよいために、配置空間が複雑にならず小型化に好適である。

【 0 0 3 9 】

(3) 光源の波長変動に対して補正が働くので干渉信号が安定する。

【 0 0 4 0 】

(4) アライメント誤差に対して補正が働くので、回折格子スケールと検出ヘッドを分離したエンコーダでも取り付けが比較的容易になる。

【 0 0 4 1 】

(5) 再帰光学素子が小型でかつ部品点数が少ないために、光束照射手段に更に偏向手段を付加することによって、回折格子スケールへの照射方法や向きに自由度が高くなり、広範な適用姿勢が得られる。

【 0 0 4 2 】

(6) 再回折した回折光がそれ程広がらずに、受光素子に導かれるようにできるために、損失が少なくSN比の良好な検出を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 の実施例のエンコーダの構成図である。

【図 2】

光束追跡結果の説明図である。

【図 3】

光束追跡結果の説明図である。

【図 4】

光束波長変化の影響の説明図である。

【図 5】

スケールと検出ヘッドのギャップ変化の影響の説明図である。

【図 6】

スケールと検出ヘッドのアジマス角度変化の影響の説明図である。

【図 7】

スケールと検出ヘッドのアジマス角度変化の影響の説明図である。

【図 8】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図 9】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図 1 0】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図 1 1】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図 1 2】

第 2 の実施例のエンコーダの構成図である。

【図 1 3】

第 3 の実施例のエンコーダの構成図である。

【図 1 4】

第 4 の実施例のエンコーダの構成図である。

【図 1 5】

従来例のリニアエンコーダの構成図である。

【図 1 6】

従来例のロータリエンコーダの構成図である。

【図 1 7】

光束追跡結果の説明図である。

【図 1 8】

光束追跡結果の説明図である。

【符号の説明】

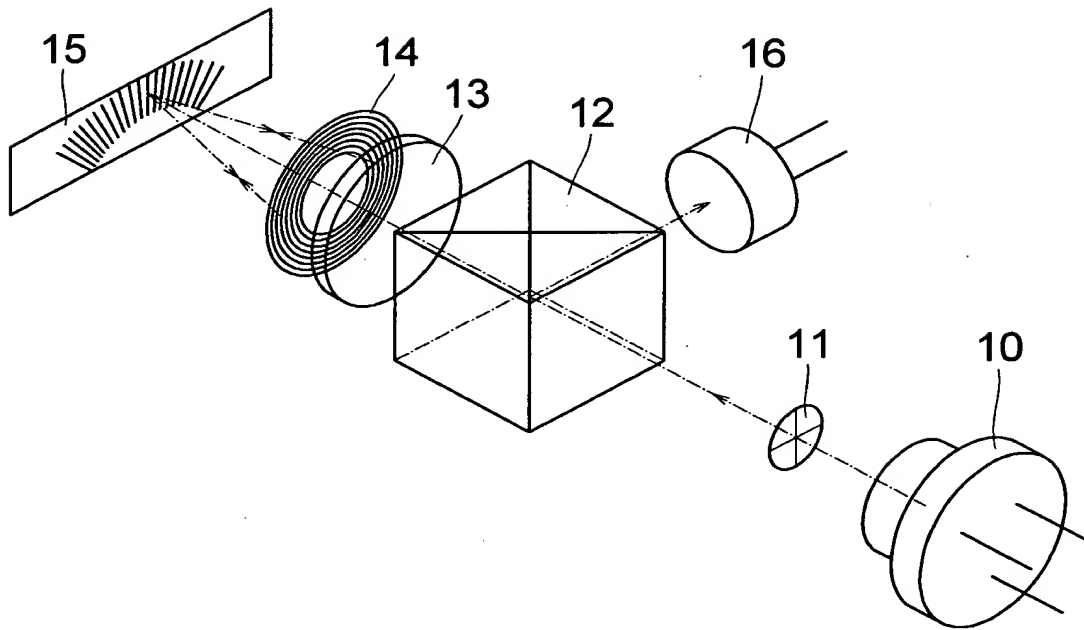
- 1 0 半導体レーザー光源
- 1 1 コリメータレンズ
- 1 2、2 2 非偏光ビームスプリッタ
- 1 3 レンズ

- 1 4、1 4' 円環状反射格子
- 1 5 放射回折格子スケール
- 1 6、1 6 a、1 6 b 受光素子
- 2 0 S、2 0 P、2 3 a、2 3 b 偏光板
- 2 1 $1/4$ 波長板
- 2 5 リニア回折レンズ

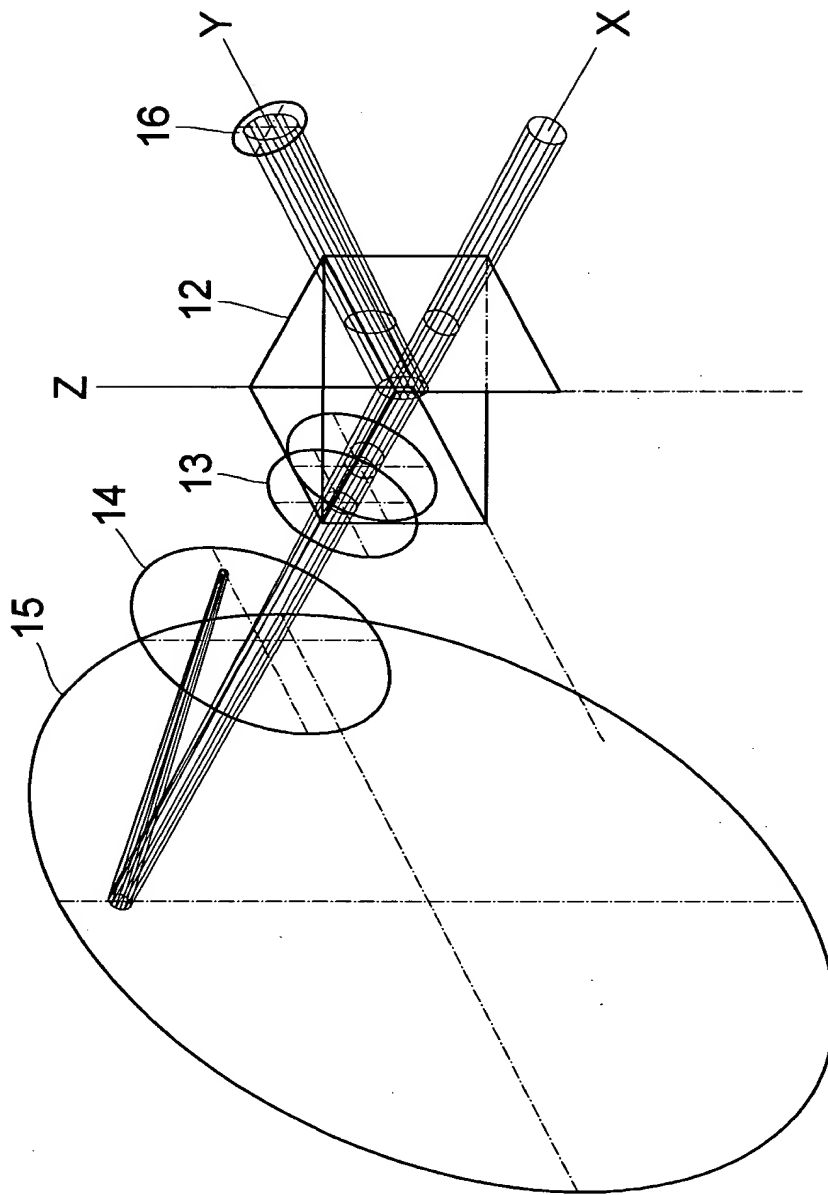
【書類名】

図面

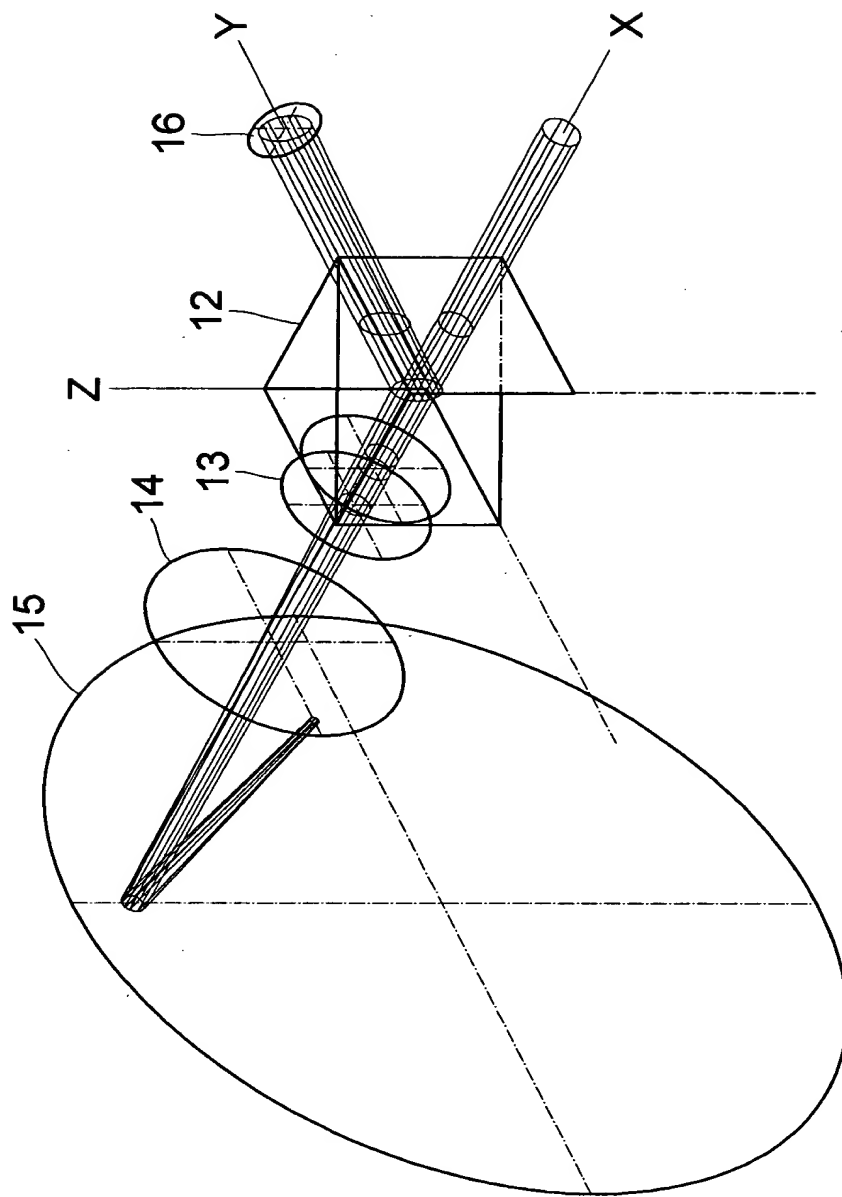
【図 1】



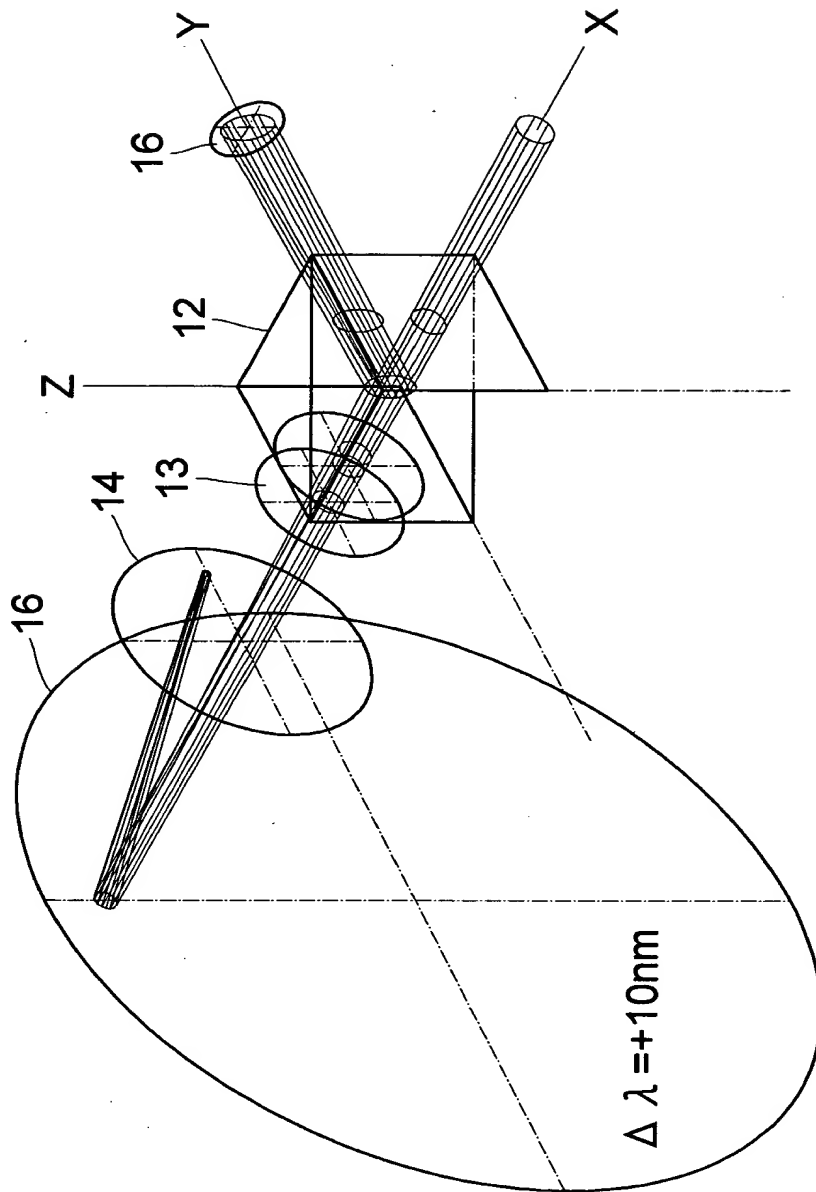
【図2】



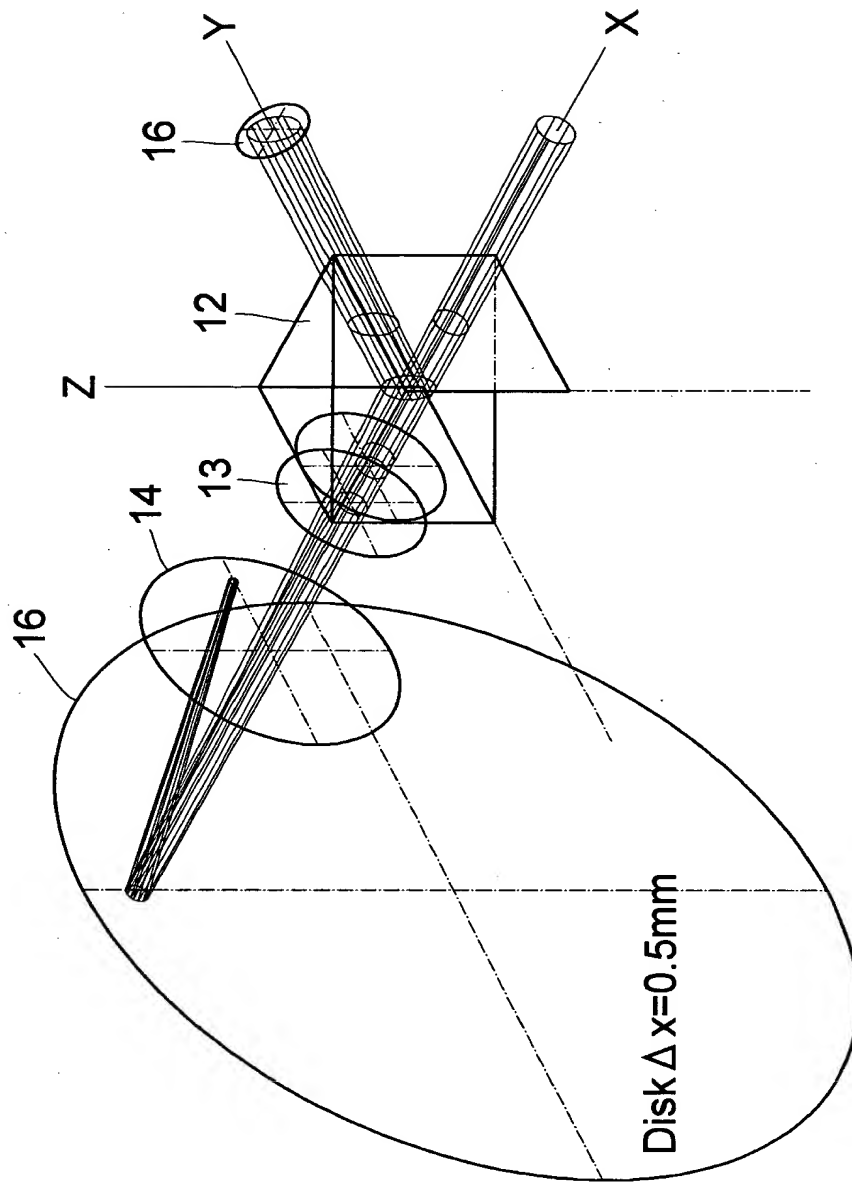
【図 3】



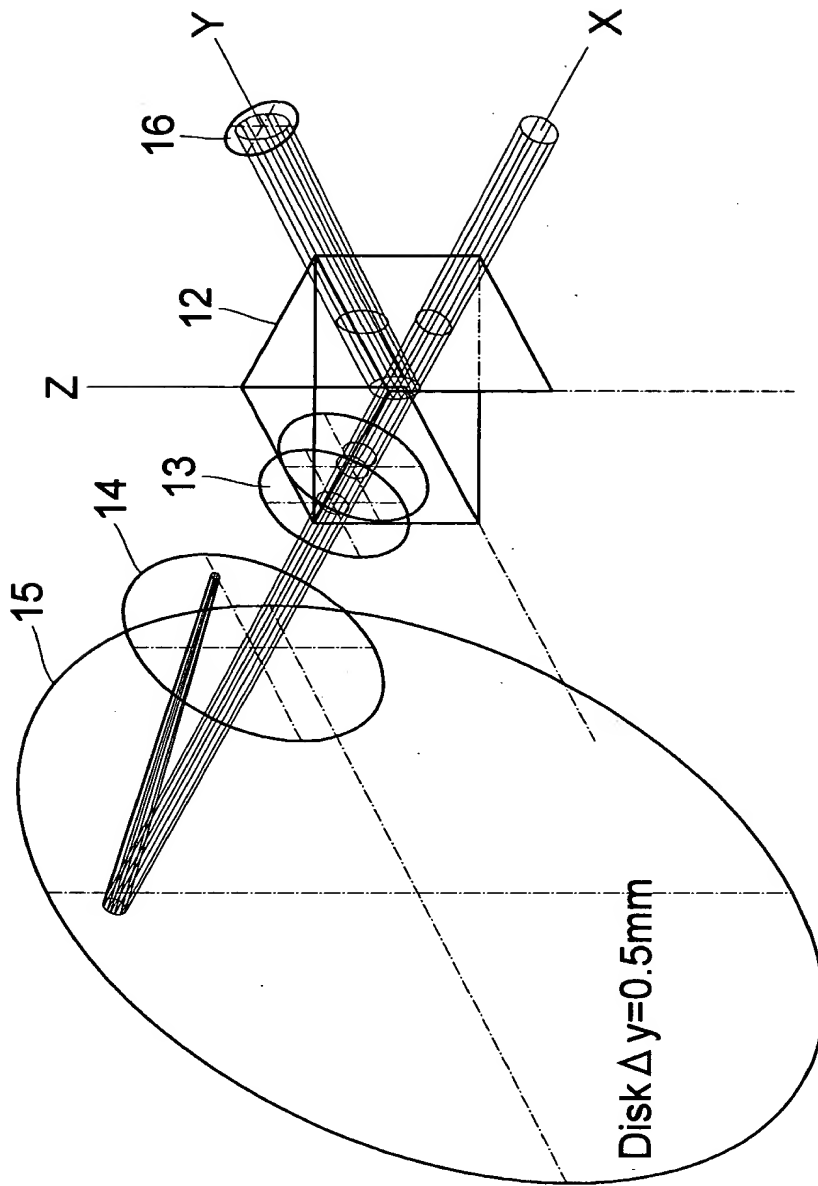
【図 4】



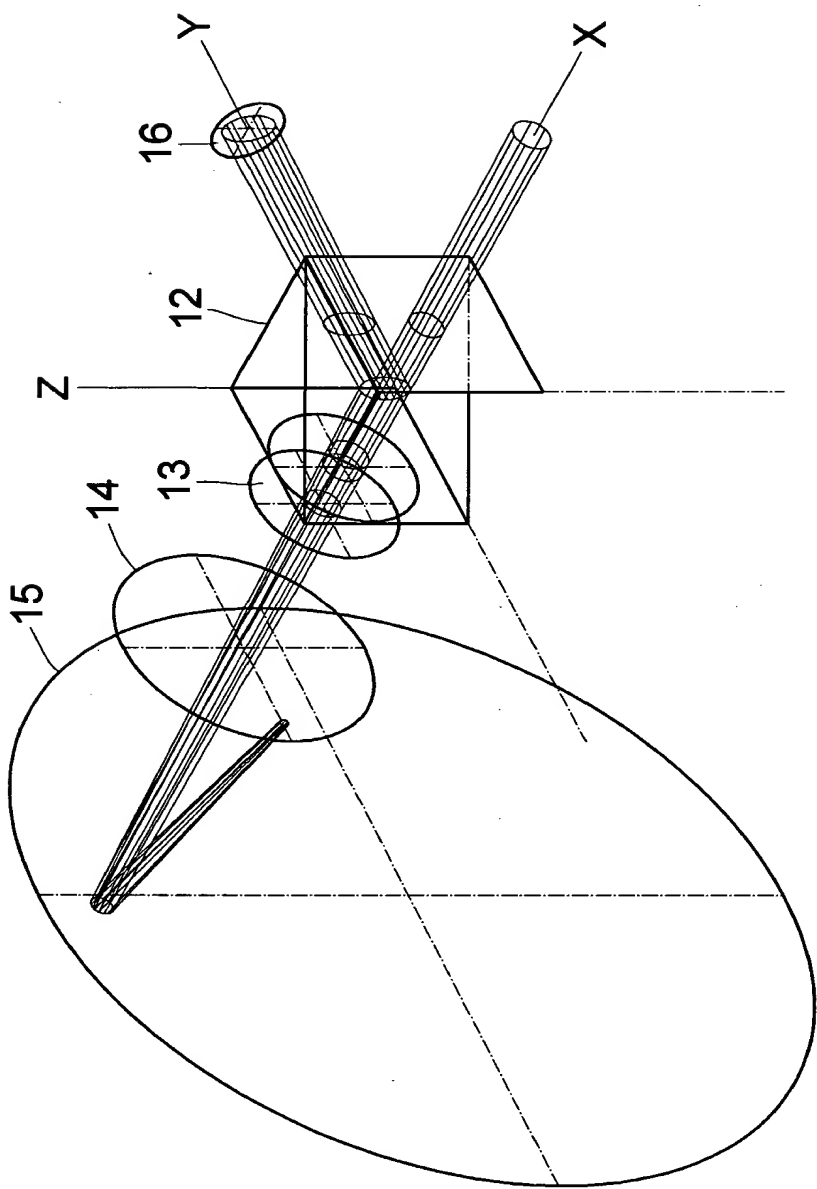
【図5】



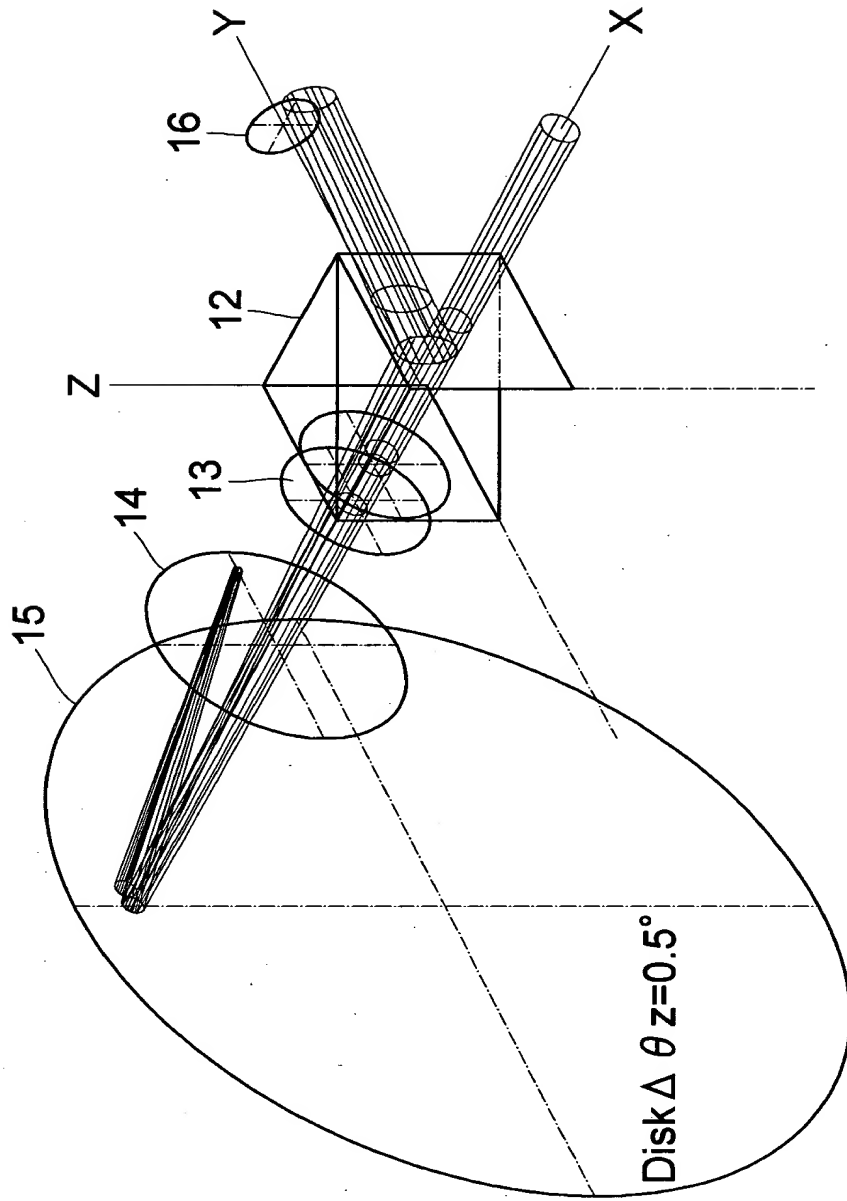
【図6】



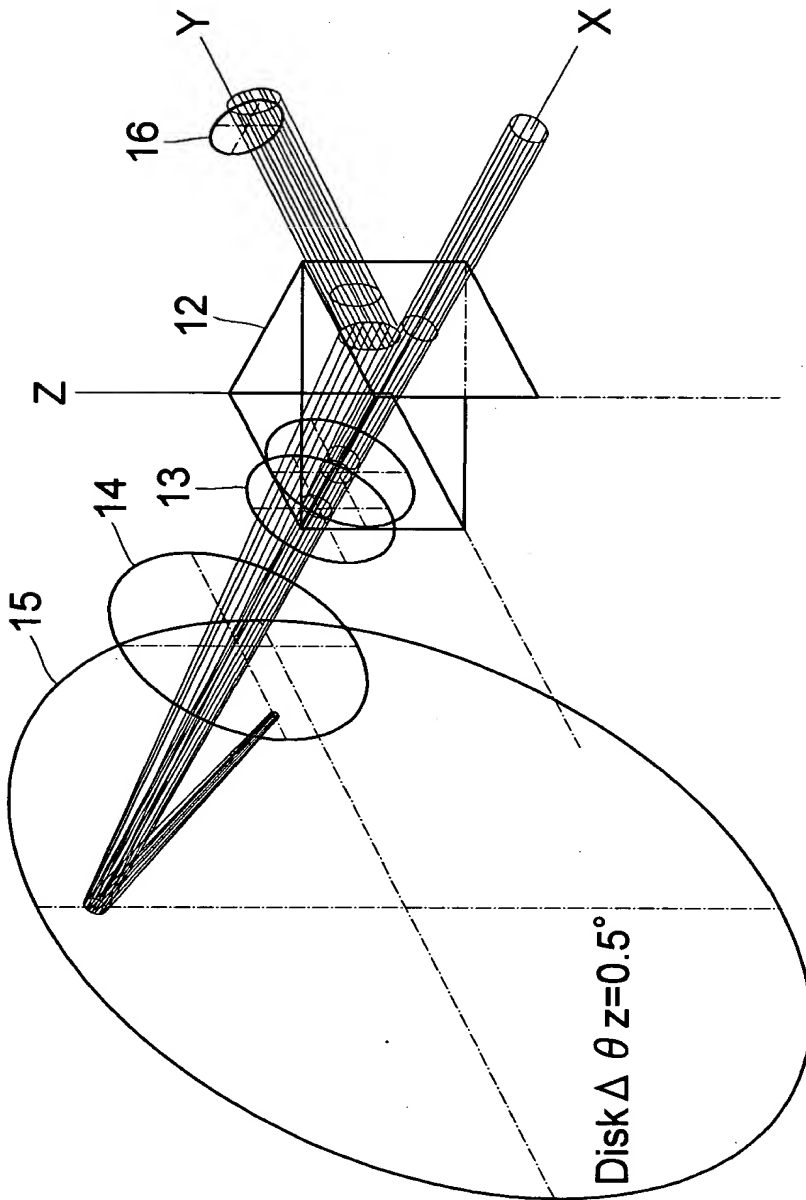
【図7】



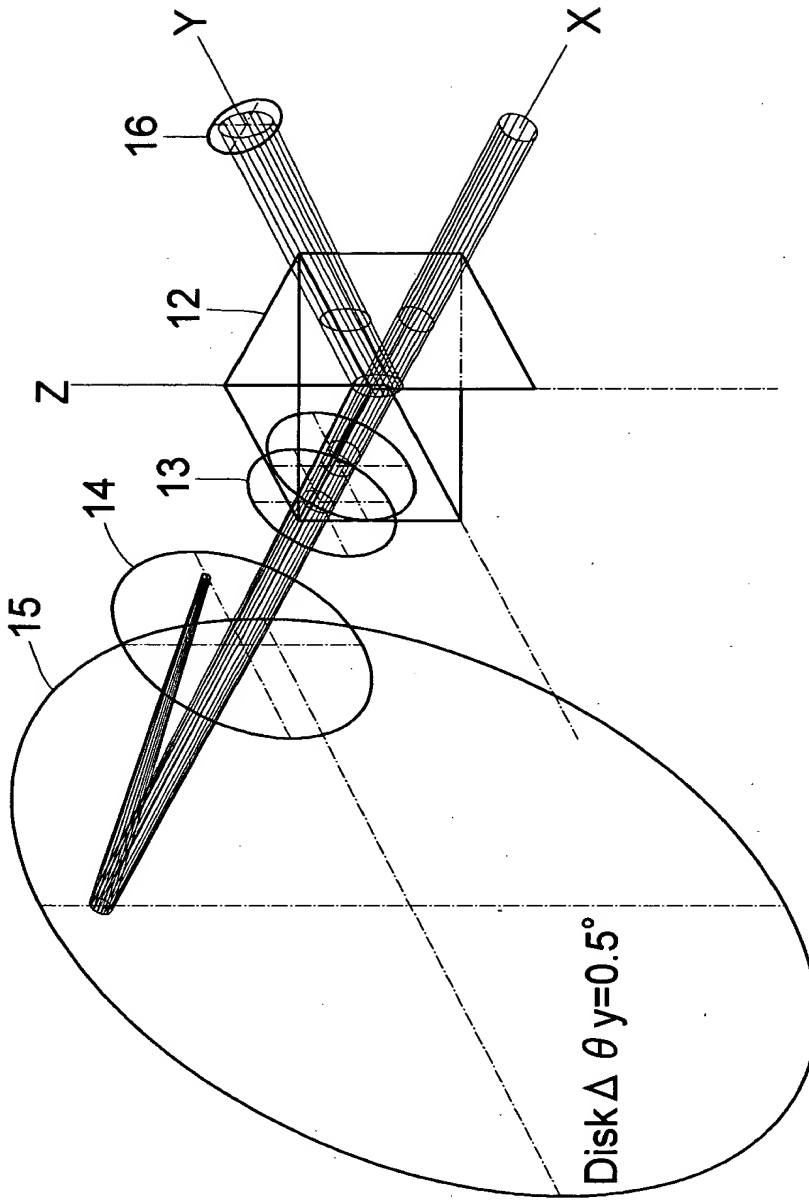
【図 8】



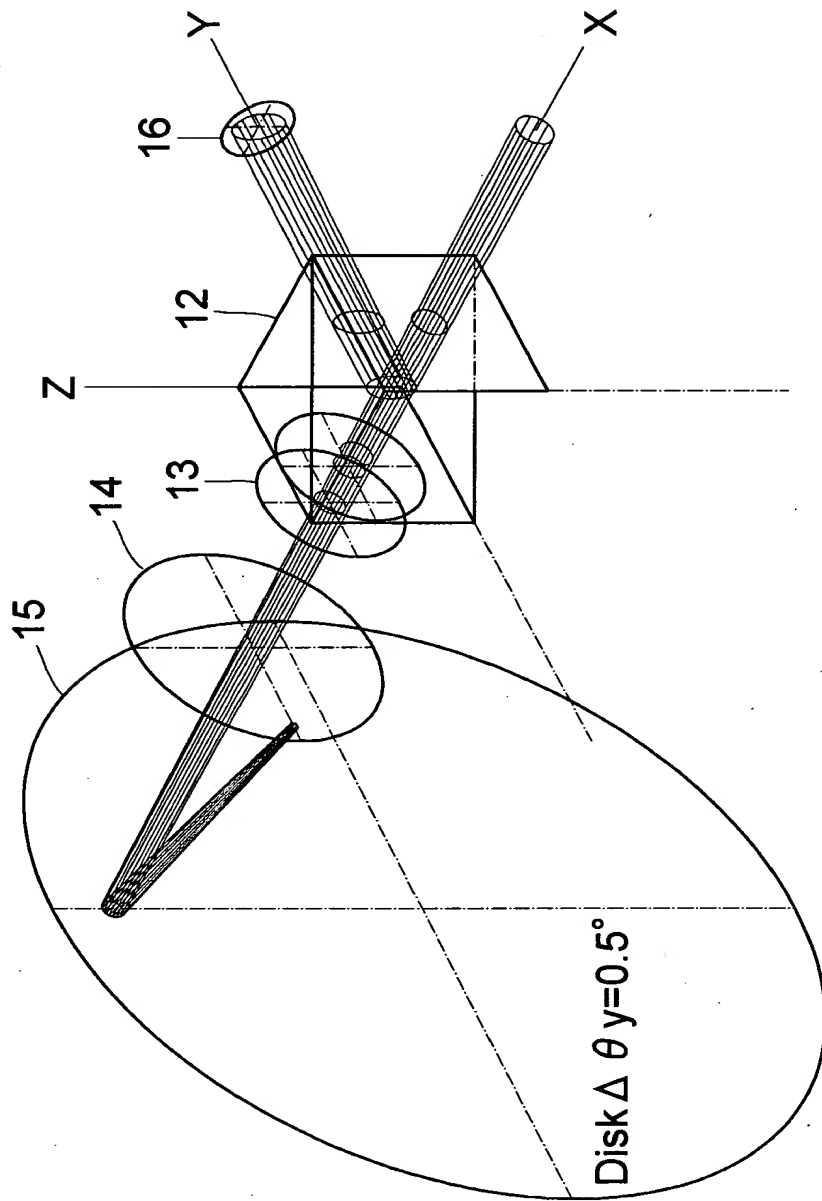
【図9】



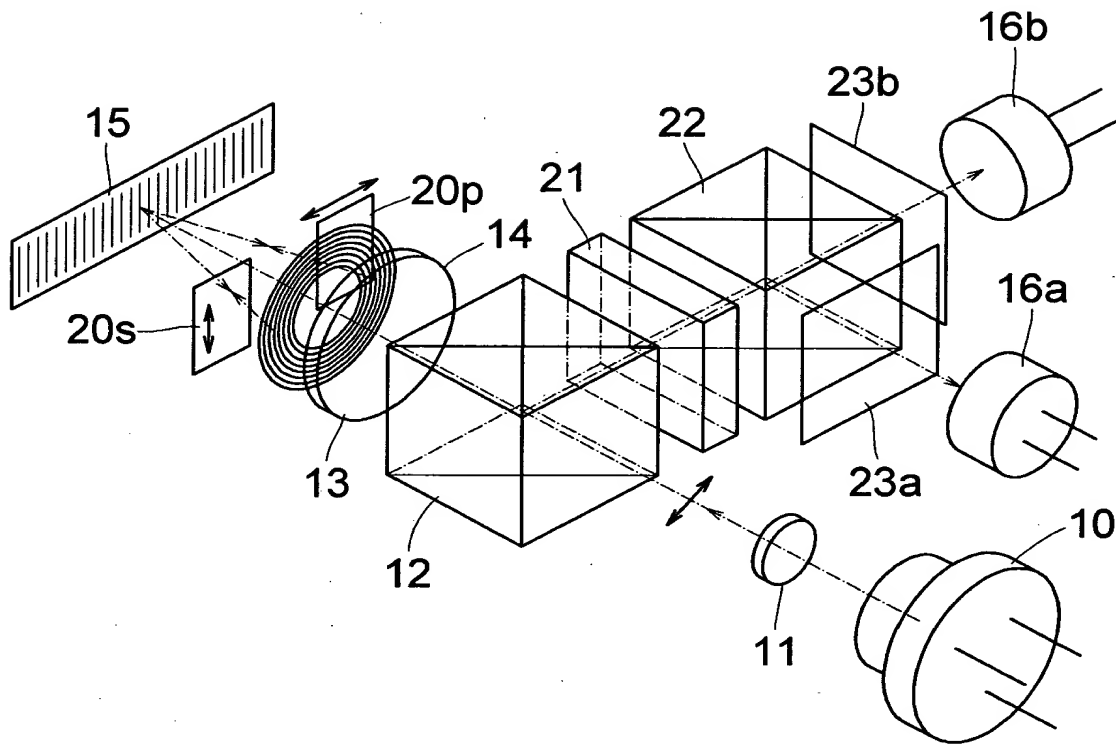
【図 10】



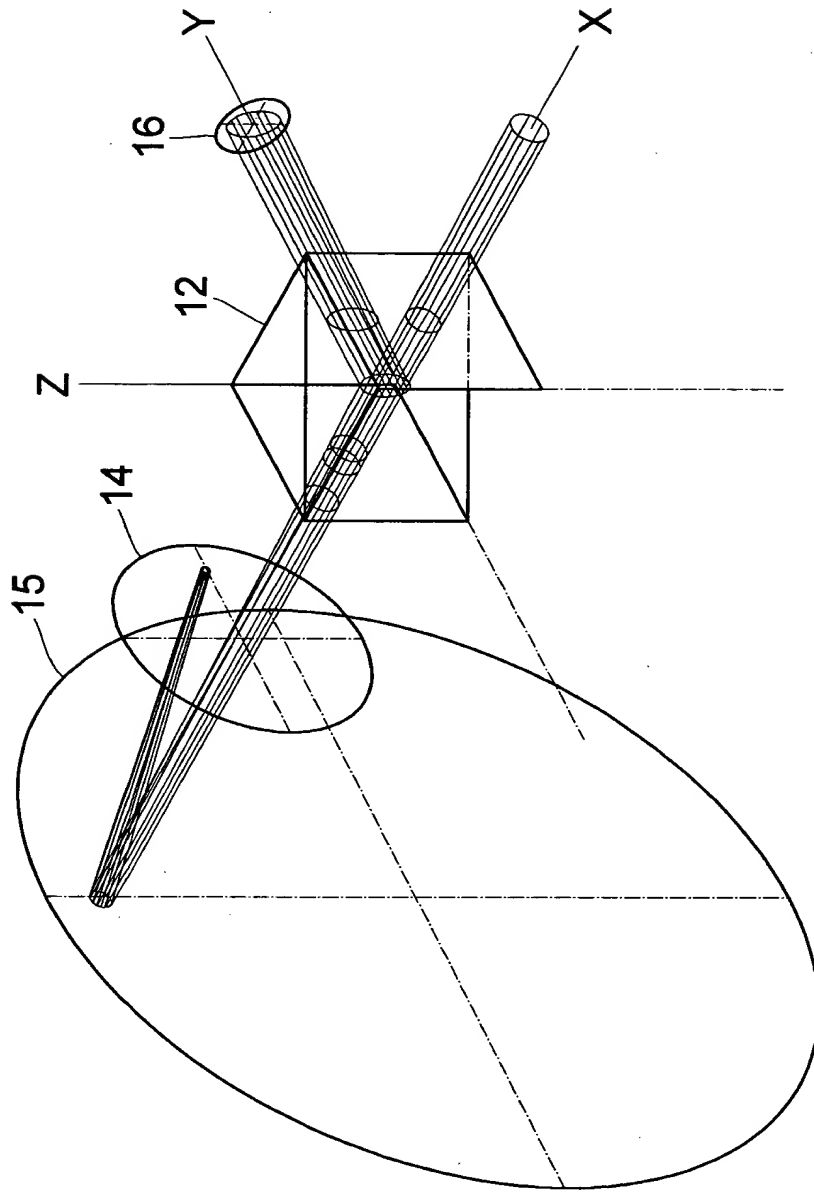
【図 11】



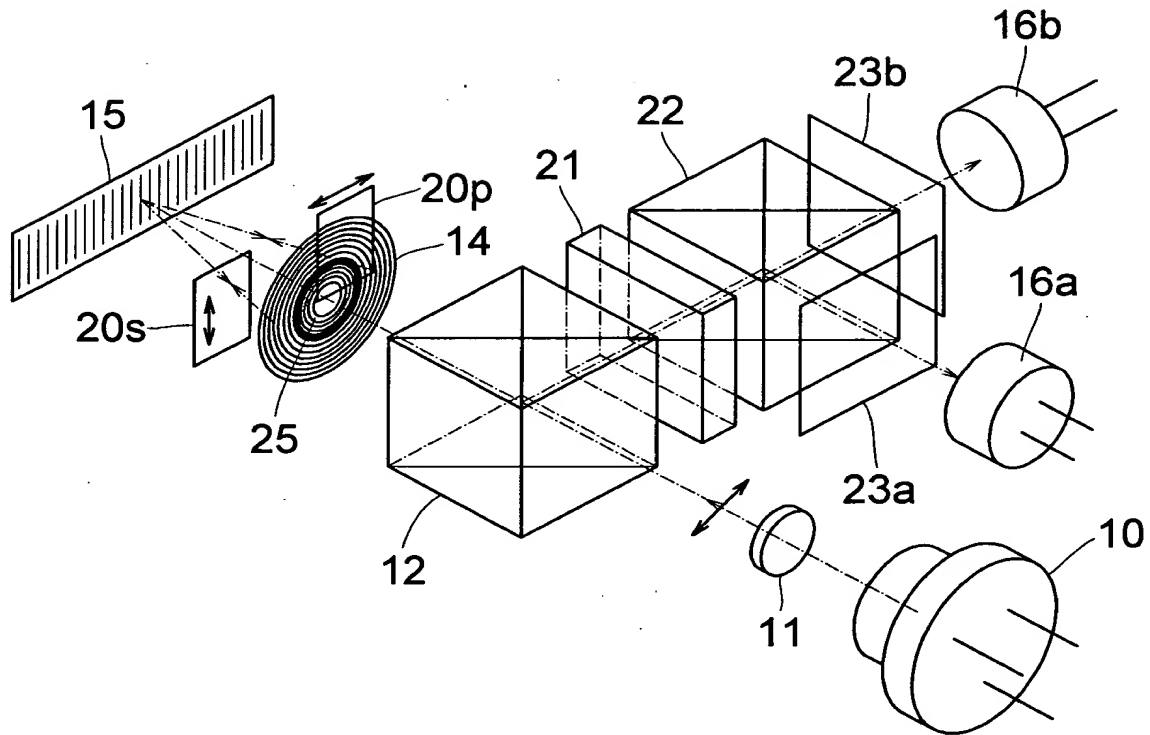
【図 12】



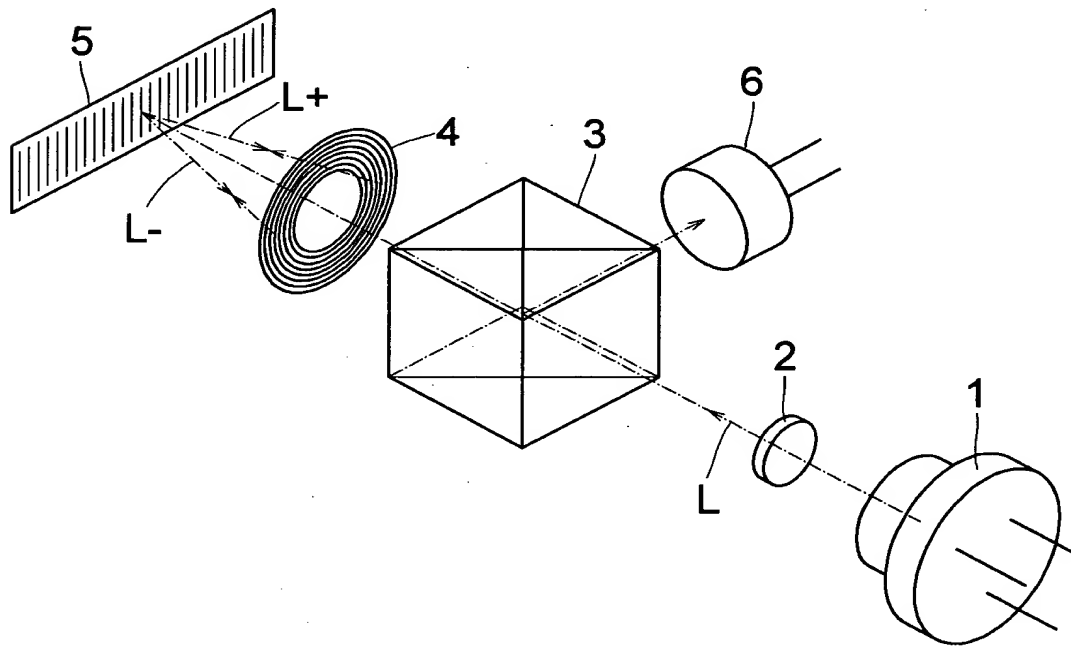
【図13】



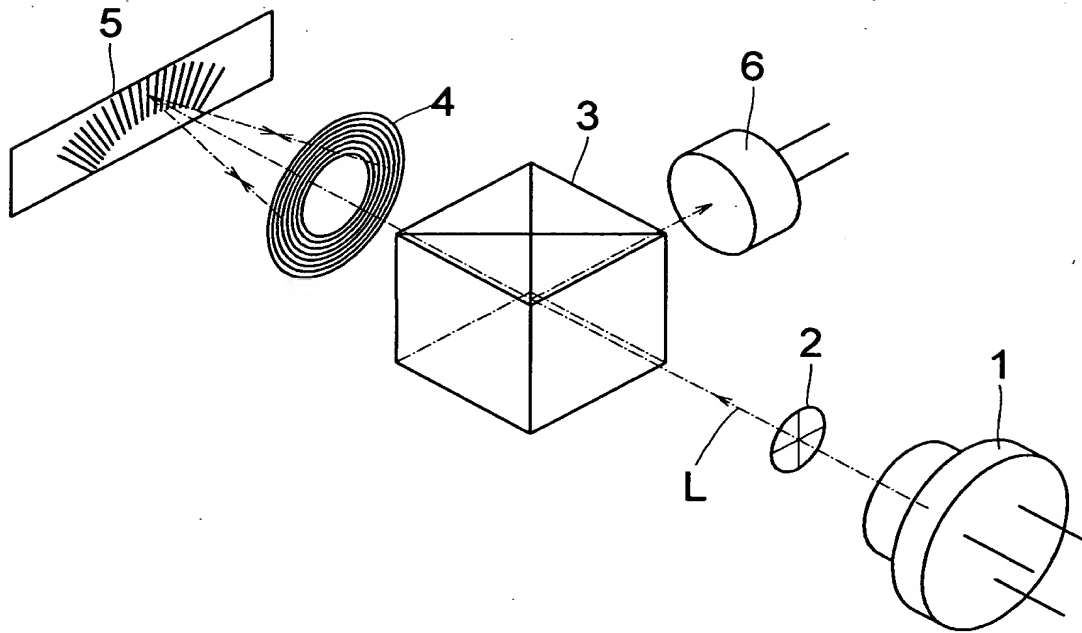
【図14】



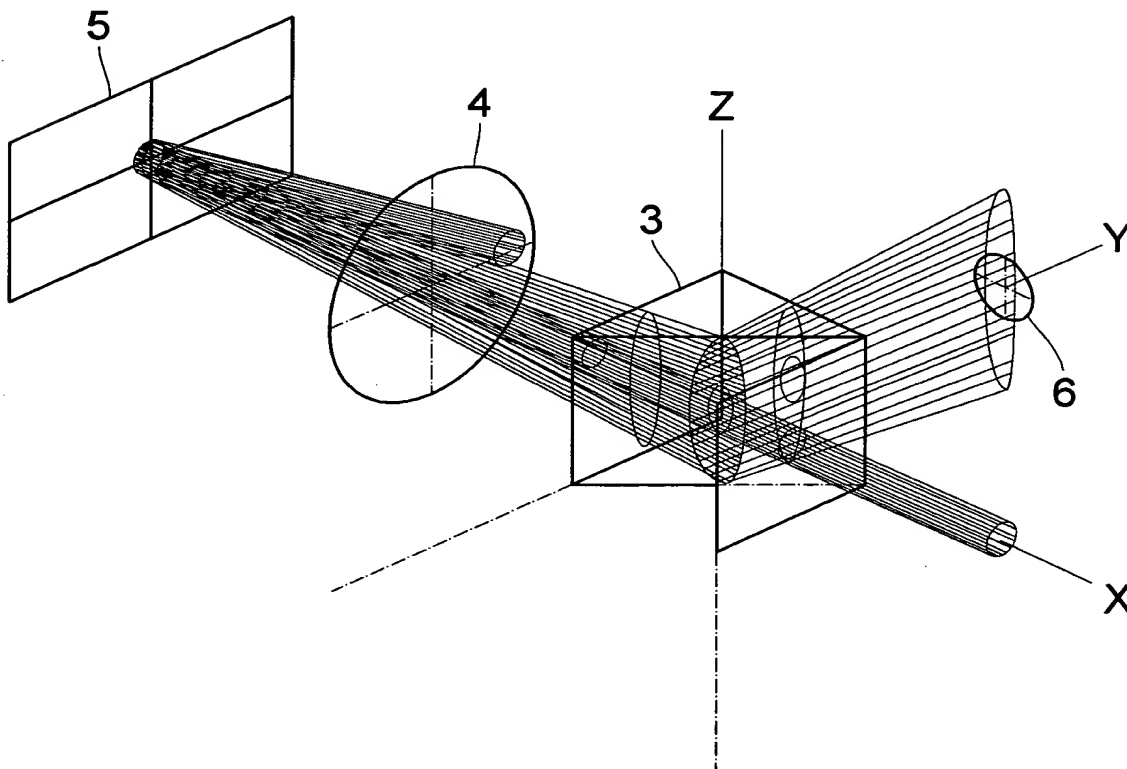
【図15】



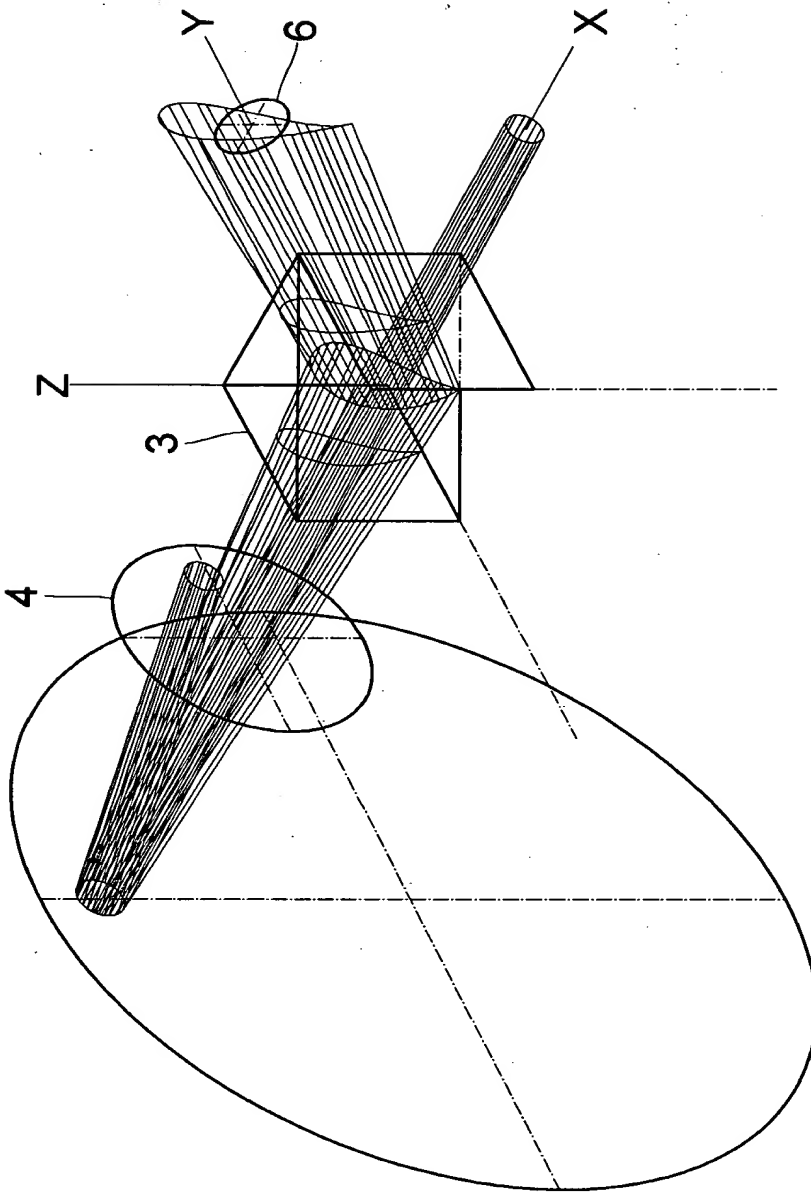
【図 16】



【図 17】



【図18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 回折格子スケール又は放射状格子への照射状態を最適化することによって安定した光束検出を行う。

【解決手段】 半導体レーザー光束 1 0 からの光束 L は、コリメータレンズ 1 1、非偏光ビームスプリッタ 1 2、レンズ 1 3 を介して回折格子スケール 1 5 に略垂直に照射され、回折格子スケール 1 5 から反射された ± 1 次回折光は互いに反対側に回折角 θ で射出して円環状反射格子 1 4 により元の光路に回折され、更に ± 1 次回折されて非偏光ビームスプリッタ 1 2 まで戻される。非偏光ビームスプリッタ 1 2 により反射された両光束は $1/4$ 波長板 2 1 を透過し、2 光束間の位相差に基づいて偏光方位が変化する直線偏光光束に変換され、非偏光ビームスプリッタ 2 2 により 2 分割され、それぞれが偏光板 2 3 a、2 3 b により特定の偏光方位のみが抽出されることでそれぞれ受光素子 1 6 a、1 6 b に明暗信号が受信される。

【選択図】 図 1 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名	キャノン株式会社